

安全丛书

No. 50-SG-S5

国际原子能机构安全导则

安全导则

与核动力厂选址有关的外部人为事件



国际原子能机构 维也纳 1990

IAEA 安全丛书分类

1978 年之后，属于安全丛书的各种出版物被分为下列四种：

(1) **IAEA 安全标准** 这类出版物包括机构理事会于 1976 年 2 月 25 日通过并载于 IAEA 文件 INFCIRC/18/Rev.1 的“国际原子能机构的安全标准和措施”所规定的本机构安全标准。这类标准是经过理事会的批准出版的，因此是本机构的业务和受本机构援助的活动所必须遵守的。这类标准由本机构的基本安全标准、本机构的专用规章和本机构的实施法规所构成。封面的下半页印有宽的红色标带。

(2) **IAEA 安全导则** 据 IAEA 文件 INFCIRC/18/Rev.1，IAEA 安全导则的目的是补充说明 IAEA 安全标准并为执行这些安全标准推荐一个或数个可以采用的程序。这类出版物是经过本机构总干事的批准出版的。封面的下半页印有宽的绿色标带。

(3) **推荐性文件** 这类出版物包括指导安全实践的一般推荐性文件，是经过本机构总干事的批准出版的。封面的下半页印有宽的棕色标带。

(4) **程序和数据** 这类出版物包括与安全问题有关的程序、技术和准则，是经过本机构总干事的批准出版的。封面的下半页印有宽的蓝色标带。

注：属于 NUSS 计划（核安全标准计划）范围内的所有出版物，其封面的上半页均有宽的黄色标带。

安 全 导 则

与核动力厂选址有关的外部人为事件

下列国家是国际原子能机构的成员国:

阿富汗	海地	巴拿马
阿尔巴尼亚	教廷	巴拉圭
阿尔及利亚	匈牙利	秘鲁
阿根廷	冰岛	菲律宾
澳大利亚	印度	波兰
奥地利	印度尼西亚	葡萄牙
孟加拉国	伊朗伊斯兰共和国	卡塔尔
比利时	伊拉克	罗马尼亚
玻利维亚	爱尔兰	沙特阿拉伯
巴西	以色列	塞内加尔
保加利亚	意大利	塞拉利昂
白俄罗斯	牙买加	新加坡
社会主义共和国	日本	南非
喀麦隆	约旦	西班牙
加拿大	肯尼亚	斯里兰卡
智利	大韩民国	苏丹
中国	科威特	瑞典
哥伦比亚	黎巴嫩	瑞士
哥斯达黎加	利比里亚	阿拉伯叙利亚共和国
科特迪瓦	阿拉伯利比亚民众国	泰国
古巴	列支敦士登	突尼斯
塞浦路斯	卢森堡	土耳其
捷克斯洛伐克	马达加斯加	乌克兰
民主柬埔寨	马来西亚	苏维埃社会主义共和国联盟
朝鲜民主主义人民共和国	马里	阿拉伯联合酋长国
丹麦	毛里求斯	大不列颠及北爱尔兰联合王国
多米尼加共和国	墨西哥	坦桑尼亚联合共和国
厄瓜多尔	摩纳哥	美利坚合众国
埃及	蒙古	乌拉圭
萨尔瓦多	摩洛哥	委内瑞拉
埃塞俄比亚	缅甸	越南
芬兰	纳米比亚	南斯拉夫
法国	荷兰	扎伊尔
加蓬	新西兰	赞比亚
德意志民主共和国	尼加拉瓜	津巴布韦
德意志联邦共和国	尼日尔	
加纳	尼日利亚	
希腊	挪威	
危地马拉	巴基斯坦	

本机构的《规约》于1956年10月23日经在纽约联合国总部举行的国际原子能机构规约会议通过,并于1957年7月29日生效。本机构的总部设在维也纳。本机构的主要目标是“加速和扩大原子能对世界和平、健康及繁荣的贡献”。

© IAEA, 1990 年

需要翻印或翻译本出版物中所含的资料时,请按下述地址与国际原子能机构书面联系,以取得本机构的许可: Wagramerstrasse 5, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria

国际原子能机构印于奥地利
1990年7月

序

总干事

不论发达国家还是发展中国家，其能源需求均在持续不断地增长。象石油和天然气这类传统能源，可能在今后几十年内耗尽，而现有的能源生产能力已日益难以满足当前世界范围的能源需求。据专家们估计，到本世纪末，我们就可能要面临能源短缺的局面。在新能源中，核能因其成熟的工艺而成为弥补未来能源缺口的唯一的、最重要的可靠能源。

在过去 25 年中，已有 19 个国家建造了核动力厂。现有 200 多座动力反应堆在运行，还有 150 座正在计划建造。从长远看，核能将在世界能源规划发展中发挥愈来愈重要的作用。

核工业从出现以来，始终保持着首屈一指的安全记录。鉴于核动力安全的重要性，并希望把这个记录保持下去，国际原子能机构制定了一项广泛的计划，在与热中子动力堆有关的许多安全问题上给成员国提供指导。这项计划就是众所周知的 NUSS 计划（NUSS 是 Nuclear Safety Standards 的缩写），即核安全标准计划。目前该计划包括以实施法规和安全导则的形式编写和出版的约 50 本书。这些书正在作为机构的安全丛书出版，每一本都有英文、法文、俄文和西班牙文版本^①。这些书在必要时将根据经验加以修订，使其内容得到更新。

这项计划面临的任务是繁杂而又艰巨的，需要组织大量的会议来起草、审查、修改、统一和批准这些文件。国际原子能机构感谢许多成员国，它们慷慨地提供了专家和资料；也感谢许多个人，他们的名字列在已发表的参与人员名单中，这些人花费了时间和精力来帮助实施这个计划；还真诚地向参与这项工作的国际组织致以谢意。

这些实施法规和安全导则，是本机构出版的推荐性文件，供成员国按自己的核安全要求加以利用。愿意与国际原子能机构签订协议，以便在核动力厂选址、建造、调试、运行或退役方面从本机构获得援助的成员国，将被要求遵守属于该协议规定活动范围的那部分实施法规和安全导则。但是应当承认，在任何许可证审批程序中的最终决定权和法律责任，总是属于该成员国的。

NUSS 出版物事先假定有一个全国性的体系，在这个体系内的各方，如管理机构、许可证申请者 / 持有者、供应者或制造者等，要各善其事。然

^① 从 1986 年起增补中文版本。

而，如涉及一个以上的成员国，那就可能有必要根据国情和成员国之间及各组织间的有关协议对上述程序作某些修改。

这些法规和导则是以这种形式编写的，即只要成员国决定采用，就能把这些文件的内容直接应用于它所管辖的各项活动。因此，根据法规和导则的惯例并按照高级顾问组的建议，行文中采用了“必须”和“应该”二词，使可能的使用者区别是坚持要求还是希望采用。

保证为子孙后代提供充足而安全的能源，从而对提高他们的福利和生活水平有所贡献这样一个任务，是我们大家都关心的事。希望本书以及根据 NUSS 计划正在出版的其他文件，能对实现这个任务有所裨益。

说 明

高级顾问组

国际原子能机构关于制定核动力厂实施法规和安全导则的计划，已载于 IAEA 文件 GC (XVIII) / 526 / Mod. 1。这个计划称作 NUSS 计划，它讨论放射安全问题，而且目前只限于陆上固定式热中子反应堆核动力厂。本书就是根据这个计划出版的。

总干事为实施该计划而在 1974 年 9 月设立的高级顾问组选定了实施法规的五个题目，并草拟了一份有助于实施这五种法规的安全导则的暂定书目。高级顾问组被委以在这项计划的各个阶段对其进行监督、审查和咨询的任务，以及批准将递交总干事的文件草案。已针对每个实施法规成立了一个相应的技术审查委员会，各委员会均由成员国的专家们组成。

按照上述 IAEA 文件所规定的程序，实施法规和安全导则——它们基于不同国家的组织体制和实践方面的文件和经验——由来自成员国的两三位专家同本机构的工作人员组成的专家工作组首先草拟。然后再由相应的技术审查委员会进行审查和修改。这项工作既利用公开的资料，也利用非公开的资料，如成员国对征求意见表的答复等。

经技术审查委员会修改后的文件草案，提交高级顾问组。在高级顾问组认可后，要把英、法、俄和西班牙文本送交各成员国征求意见。技术审查委员会根据这些意见进行修改与补充，再经高级顾问组进一步审查之后，文件草案就递交总干事，由他在适当的时候送交理事会，进行出版前的最后核准。

五种实施法规包括下列题目：

管理核动力厂的政府机构；
核动力厂选址的安全问题；
核动力厂安全设计；
核动力厂运行中的安全问题；
核动力厂安全方面的质量保证。

这五种实施法规确定了为实现核动力厂充分安全运行应达到的目标和最低要求。

出版安全导则，是为了说明并向成员国提供实施有关法规特定部分的可接受的方法。如果采用的方法和方案与这些导则中规定的不同，但它们提供了至少相当的保证，说明核动力厂可以安全运行而不会给广大公众和厂区人员的健康和带来过大的危险，那么这样的方法和方案也是可以接受的。虽然这些实施法规和安全导则为安全建立了必要的基础，但它们也可能不充分或不完全适用。必要时应参考国际原子能机构出版的其他安全方面的文件。

为了适应特殊情况，有时可能需要满足附加要求。而且，还会有一些特殊问题，必须由专家们根据具体情况加以分析。

易裂变物质和放射性物质以及整个核动力厂的实体保卫只在适当场合笼统提到，未加详细讨论。工业安全和环境保护的非放射性方面的问题，没有明确地加以考虑。

文件中的附件，要看作是这个文件的一个不可分割的组成部分，而且与正文具有同样的地位。

另一方面，附录、脚注、参与人员名单和参考书目仅仅是为了给使用者提供可能有帮助的资料或实际事例。补充的书目资料有时可从本机构得到。

每本书中都附有有关的定义。

出版这些书的目的是为了成员国的管理机构和有关单位在适合时使用。为了完整地理解这些书的内容，还应参阅其他有关实施法规和安全导则。

注 释

本安全导则的正文引证了 **NUSS** 计划的下列出版物:

安全丛书 **No.50-C-S;**
安全丛书 **No.50-SG-S1;**
安全丛书 **No.50-SG-S3;**
安全丛书 **No.50-SG-S9;**
安全丛书 **No.50-SG-S10A;**
安全丛书 **No.50-C-D;**
安全丛书 **No.50-SG-D5.**

本导则的后面附有 **NUSS** 计划书目及其出版年份。本导则的最后一页刊有如何订购国际原子能机构出版物的说明。

目 录

1. 引言	1
2. 人为事件的潜在源及其有关的特点	3
2.1. 概述	3
2.2. 潜在源的确定	4
2.3. 影响及有关参数	4
3. 资料的收集及其评价	5
3.1. 概述	5
3.2. 评价资料的程序	8
3.3. 与工业和商业设施有关的源	9
3.4. 与运输有关的源	9
3.4.1. 地面或水面运输	
3.4.2. 空中交通	
3.5. 源的显示图	10
4. 管理方面	10
4.1. 对可能引起外部人为事件的活动进展的控制	10
4.2. 军事设施	11
5. 初步筛选和详细评价	11
5.1. 初步筛选评价	11
5.2. 详细评价	12
6. 飞机坠毁	13
6.1. 初步评价	13
6.1.1. 筛选距离值法	
6.1.2. 筛选概率水平法	
6.2. 详细评价	14
6.3. 供设计基准参考用的飞机坠毁	14
6.4. 有关飞机坠毁的设计基准	14
6.4.1. 碰撞和二次飞射物	
6.4.2. 由飞机燃料引起的影响	
6.4.3. 设计基准参数	
7. 爆炸	16
7.1. 概述	16
7.2. 固定的爆炸源	16
7.2.1. 初步评价	
7.2.2. 详细评价	

7.3. 可动的爆炸源	17
7.3.1. 初步评价	
7.3.2. 详细评价	
7.4. 供设计基准参考用的爆炸	18
7.5. 有关爆炸的设计基准	18
8. 危险流体的释放	19
8.1. 液体	19
8.1.1. 初步评价	
8.1.2. 详细评价	
8.1.3. 有关危险液体释放的设计基准事件	
8.1.4. 设计基准参数	
8.2. 气体和蒸气云	20
8.2.1. 概述	
8.2.2. 初步评价	
8.2.3. 详细评价	
8.2.4. 供设计基准参考用的飘移气云	
9. 其他人为事件	24
9.1. 概述	24
9.2. 着火	24
附录	27
附录 I. 飞机坠毁	28
附录 II. 化学爆炸	33
附录 III. 来自飘移气云的危险	38
附录 IV. 着火	43
定义	45
参与人员名单	47
NUSS 计划书目	53

1. 引言

本安全导则推荐并提供为实施本机构的安全丛书 **No.50-C-S**《实施法规：核动力厂选址的安全问题》中关于动力厂外部人为事件的那部分规定时所用的程序和资料，包括对相应的设计基准参数的评价。如同法规一样，本导则是国际原子能机构 **NUSS** 计划的一个组成部分，该计划的目的是为陆上固定式热中子动力厂制定实施法规和安全导则（参见本书后面列出的 **NUSS** 计划书目）。

为确保足够的安全，动力厂的设计者必须满足本机构的安全丛书 **No.50-C-S**《实施法规：核动力厂选址的安全问题》和 **No.50-C-D**《实施法规：核动力厂的安全设计》中所规定的一般准则。为满足这些准则，核动力厂的设计要求之一是评定该地区中可能导致核动力厂放射性后果的外部人为事件的可能性，并继而制定足以使动力厂能预防这类放射性后果的设计基准。

本导则论述地区的检验，并讨论与这些人为事件有关的危险现象。本导则还概述用于初始选址程序、确定设计基准事件和在可能和必要时导出相关设计基准参数的数值所需的资料。

在选址阶段，应充分考虑是否有可能忽视了那些在目前或在可以预见的将来可能会发生严重人为事件的地区。应该注意，本机构的安全丛书 **No.50-SG-S9**《安全导则：核动力厂厂址调查》拟更详细地论述选址初期阶段所采用的各种方法和程序。

某些人为事件具有随机特性，因此，只要取得足够的有关数据，就可以采用概率论方法处理这些事件。然而，初始调查更适宜经常采用确定论方法，即一种基于一些保守的和含有限物理因素的简化的假设的方法。有时，这些方法中可能只有一种方法是切实可行的。

用于确定那些须测出设计基准参数值的潜在人为事件的可行方法拟按一系列的步骤行事，（每一步骤按需要引入的资料应越发详细），直到能够证明发生人为事件的可能性尚不足以令人担忧，或者评价各种效应所达到的精确程度可以满足确定设计基准参数的要求。因此，本导则论述各类事件所需的资料和判断准则。

当然，对于有危险性的大型设施，其位置及其有关的潜在危险性都比较容易确定。然而也应设想到有可能导致严重后果的次要活动的潜在影响。这些活动有时可能只是由于某一特定场所的实际情况才偶然出现。

虽然不可能列表说明人为事件的全部潜在源，（因为每个厂址都不尽相同），而且在工业、运输及土地使用方面，地区与地区之间、国家与国家之间的通常作法可能各不相同，本导则仍列表介绍并讨论初始事件源（参见表1）。

表 I. 源和有关始发事件的确定

拟调查的设施 及运输系统	设施及交通的 有关特点	始发事件
炼油厂、化工厂、 仓库、管线、 采矿或采石场、 森林、其他核设施等	物质的数量及性质。 含危险物的工艺流程图。 地区气象的和地形的特征。 设施中的现有防护措施。	爆炸。 着火。 易爆、易燃、腐蚀、 有毒或放射性的气体 云的释放。 地面塌陷、下沉。
铁路车辆、公路 运输工具、船舶、 驳船等	通过的频度。 与每次运输有关的危 险物的类型及数量。 交通工具的特点 (含防护措施)。 地区气象的和地形的特征。	爆炸。 着火。 易爆、易燃、腐蚀或 有毒的气体云的释放。
机场区域	飞机飞行情况。 跑道特点。 飞机的类型及特征。	导致飞机坠毁 的反常飞行。
空中交通走廊	飞行频度。 飞机的类型及特征。 空中交通走廊的特点。	导致飞机坠毁 的反常飞行。
军事设施	活动种类。 所含危险物的质量。 危险活动的特点。	导弹发射。 爆炸。 着火。 易爆、易燃、腐蚀或 有毒的气体云的释放。

本导则提出的建议和资料是从各成员国为防止核动力厂受外部人为事件影响所采用的通常的作法的比较和讨论中得到的。本导则试图尽可能明确和详细地提出这些建议并给出各种方法的实例。本导则的使用者在其实施过程中理应是富有远见的并且是一丝不苟的。

本导则未考虑破坏活动，也未论述水坝的崩溃及其所引起的洪水泛滥，这方面的情况已在本机构的安全丛书 No.50-SG-S10A《安全导则：临河核动力厂厂址的设计基准洪水》中加以论述。

对任何人为事件的设计基准事件的确定取决于对地区特征的认识和对拟建动力厂的概念或初步设计的某种了解。由于动力厂的设计取决于地区特征，动力厂的厂址和其安全装置可能需要反复加以验证。在任何情况下，在最终认可特定的动力厂和厂址的任一组合之前，都必须拥有关于动力厂设计的足够资料，以供专家们判断与外部人为事件有关的一些问题是否在工程上已有现成的解决办法。

关于在动力厂的设计中实施设计基准的建议不属于本导则的范围。有关考虑已在本机构的安全丛书 No.50-SG-D5《安全导则：与核动力厂设计有关的外部人为事件》中论述，本导则对设计基准外部人为事件所规定的各项要求可作为那里使用的原始设计资料。

2. 人为事件的潜在源及其有关的特点

2.1. 概述

必须确定可能影响动力厂安全的外部人为事件的潜在源。必须按第3节所概述的方式评定各种有关的潜在源，以确定对工作人员和动力厂安全重要物项的潜在影响。

就源本身而言，可以分为：

- ① 固定的：如化工厂、炼油厂、仓库和管线；
- ② 可动的：如运输（公路运输、铁路运输、海运、空运工具）。

不应忽视，在某些特定情况下一个较小的事件可能导致严重的后果^①。

^①例如，虽然在从事动力厂安全审查时业已知道有可能发生那种不会直接影响动力厂的小范围内的着火，但对厂外应急电源的审查表明，为了防止动力线着火，仍必须把动力线敷设在地下。

在评价防止人为事件影响的必要性时，应仔细地考虑动力厂的运行程序^②。

除非在工程上找到一种能满意地防止那些不得不作进一步考虑的外部人为事件的解决办法，否则必须认为所述厂址是不合适的。

2.2. 潜在源的确定

装卸、加工及贮存危险物（例如易爆、易燃、腐蚀性、有毒和放射性物质）的设备、必须列入拟确定的源之中。危险程度可能与这些设备的尺寸无直接关系，但是应考虑危险物的数量及其使用过程。用于生产危险品的管线必须列入拟确定的物项类。拟考虑的其他源是使用及储存炸药的并且也可能造成水道暂时堵塞或厂区地面塌陷的矿山和采石场（参见本机构的安全丛书 No.50-SG-S1《安全导则：涉及核动力厂选址的地震及有关问题》）。

关于飞机坠毁，应研究机场及飞机的起飞、着陆和待降参数（例如航道、盘旋和高度）。在某些情况下，可能也需要考虑空中交通路线。

通过海上航道或内河航道运输危险物有可能出现重大的危险。船舶及其装载货物以及水中的碎片均有可能机械地堵塞或损坏与最终热阱有关的冷却水设施。

经验表明，大多数海上交通事故发生在近海水域或港湾，所以，必须确定厂址附近水域中的航道。

在铁路和公路的繁忙线路、叉口、铁路编组车场及装卸区的车辆连同它们的荷载一起都是需要特别注意的导致事件的潜在源。

军事设施通常装卸、储存和使用危险物并可能与危险活动（例如靶场的实弹射击）有关。军用机场及其交通网（包括训练区）也必须视为导致事件的潜在源。

2.3. 影响及有关参数

上节列出的源可能引起各种事件，它们可以产生如下一些影响：

- (1) 空气压力波；
- (2) 飞射物冲击；
- (3) 热（火）；

^②例如，在装有防护门的情况下，应该考虑防护门畅开时发生碰撞的概率和后果。然后才可以决定是否还需要采取其他的特殊防护措施。

- (4) 烟雾和尘埃;
- (5) 易爆和易燃气体或烟云;
- (6) 腐蚀、有毒和放射性气体和气溶胶以及液体;
- (7) 地面震动;
- (8) 洪水泛滥、缺水;
- (9) 地面沉降(或塌陷)。

从安全观点看,在上述诸影响中,一些影响较另一些影响更为重要,并且其中许多影响可能不止同一个源有关,但当人们考虑任一单独源时,通常只有一种或两种影响占支配地位。

表 I—III 给出了起因源实例、事件的序列和所产生的有关主要影响。

对每一事件序列起始点(始发事件)的选择多少带有任意性。

3. 资料的收集及其评价

3.1. 概述

必须尽早开始收集资料,以便在厂址调查阶段就可确定该地区外部人为事件的潜在源。当厂址已经选定时,可能需要更详细的资料,以确定设计基准外部人为事件,并为设计基准参数提供数据。

首先应该准备一份该地区现有源的表格,并将这些源分成诸如固定的和可动的两种不同的类型。应为每一类型的源确定地区范围,即需要检查的区域;这取决于许多因素,包括所涉及的危险物的类型、数量和状况以及任何可动源的性质。通常,这些区域要从每个厂区向外延伸几公里,但在某些情况下,这个距离可能需要更大一些。

对源进行清查和初始分类用程序要求在初步调查的早期阶段只须收集这种资料,即可以根据这些资料确定是否必须进一步考虑任何源的危险。

应从地图、已出版的报告、政府的档案、政府和私营的机构以及了解当地区域特征的个人那里,收集关于该地区内现有的和已规划的设施及活动的资料。这些资料应连同那些从直接调查可能影响动力厂的特殊设施中所得到的资料一起加以审查,以确定那些需要作进一步调查的活动。

一旦查清了潜在的源,就应按照它们对安全的潜在影响进行分类,在能够容易确定的范围内考虑各种有关因素,诸如潜在事件的大小,其发生的概率以及与厂区的距离。

表Ⅱ. 事件的发展及其对核动力厂的影响

始发事件	事件的发展	每一事件对核动力厂可能产生的影响 ^(a)
爆炸	爆炸压力波。 飞射物。 爆炸时产生的并会向动力厂方向漂移的烟雾、气体和尘埃。 有关的燃烧和着火。	(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)
着火	火花能引发其他实物着火。 烟雾和燃烧气体漂向动力厂。 热(热通量)。	(3)(4)(5)(6)
易爆、易燃、腐蚀、有毒或放射性烟云的释放	烟云会漂向动力厂，并在抵达动力厂前或后会在动力厂的外部或内部燃烧或爆炸。	(1)(2)(3)(4)(5)(6)
飞机坠毁或导致坠毁的反常飞行	飞射物。 着火。 油箱爆炸。	(1)(2)(3)(4)(5)(6)
地面塌陷	地面塌陷。 影响供水系统。	(7)(8)(9)

(a) 数字说明见表Ⅲ。

表Ⅲ. 对核动力厂的影响及其后果

对动力厂的影响	参 数	影响的后果
(1)压力波	动力厂中随时间变化的超压。	部分构筑物的塌陷或系统和部件的破裂。
(2)飞射物	质量。 速度。 形状。 尺寸。 物料类型。 结构特点。 冲击角度。	构筑物的穿透、穿孔或崩落，或者系统和部件的破裂。 部分构筑物的塌陷或系统和部件的破裂。
(3)热	通量。	系统或部件的破裂。 引起可燃物燃烧。
(4)烟雾和尘埃	成分。 随时间变化的浓度及数量。	通过滤器受到阻塞。 控制室和动力厂其他重要房间以及受影响区域的可居住性。
(5)易燃及易爆气体	随时间变化的浓度及数量。	渗入动力厂并在厂内引起着火或爆炸。 在厂区引起爆炸或着火。
(6)腐蚀、有毒及放射性的气体及气溶胶	随时间变化的浓度及数量。 腐蚀限值和毒性限值。	渗入动力厂。 控制室和动力厂受影响区域的可居住性。 系统或部件的腐蚀和破裂。
(7)地面震动	响应谱。	机械损坏。
(8)洪水泛滥	水位。 冲击水的速度。	构筑物、系统和部件受到损坏。
(9)下沉	下沉、差动位移、下沉速率。	构筑物塌陷或系统和部件的破裂。